

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-265900

(43)Date of publication of application : 22.09.1992

(51)Int.Cl.

G21K 7/00

G02B 21/00

(21)Application number : 03-027403

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 21.02.1991

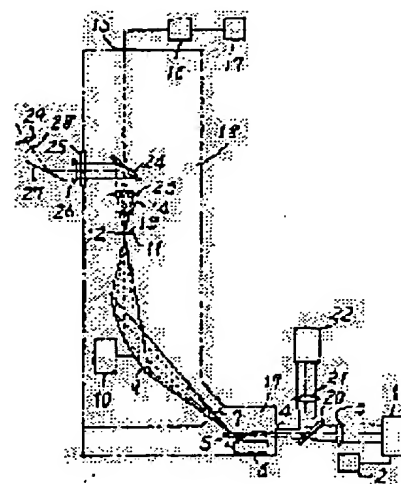
(72)Inventor : MIZUNOE KATSUZO

## (54) IMAGE-FORMING TYPE SOFT X-RAYS MICROSCOPE DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To enable focusing of an X-rays microscope to be performed automatically by providing a lighting optical system of the X-ray microscope and the optical microscope and an objective optical system on a same axis and by allowing a focus of the X-rays microscope to match that of the optical microscope.

**CONSTITUTION:** Laser according to a pulse laser 1 is collected at a thin-film target through a light-collecting lens 3 and a window for retaining vacuum 4 and is collected at an object to be inspected 13 within a container of the object to be inspected 12 by a rotary elliptic body multilayer film reflection mirror 9. Then, an image of the object to be inspected is expanded and formed on a two-dimensional X-rays image pick-up element 15 through a zone plate 14 and image information which is output from the element 15 is processed by an image processing portion 16 and is output to an image output portion 17. Also, a visible light from a lighting light source 22 for optical microscope is collected on a target 5 through a light-collecting lens 21 and a dichroic mirror 20, where X rays, lighting of optical system microscope and objective optical system are on the same axis and focus of both microscopes matches, thus achieving focus-matching of the X-rays microscope automatically.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

1/4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-265900

(43) 公開日 平成4年(1992)9月22日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 K 7/00		8805-2G		
G 0 2 B 21/00		7246-2K		

審査請求 未請求 請求項の数3(全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平3-27403

(22) 出願日 平成3年(1991)2月21日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 水ノ江 克三

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式

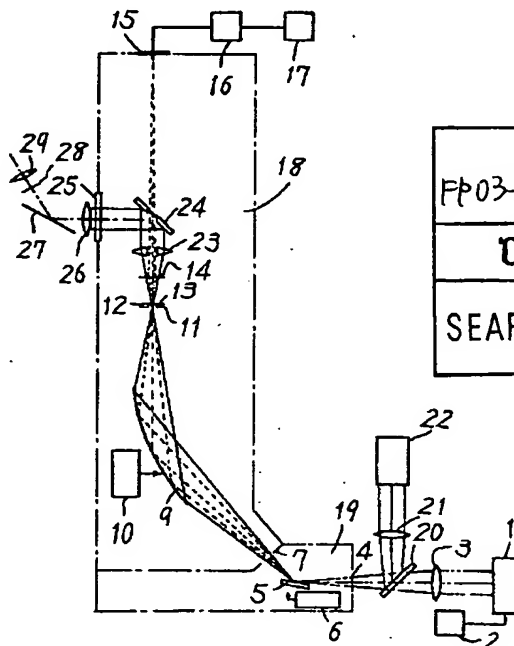
会社ニコン大井製作所内

(54) 【発明の名称】 結像型軟X線顕微鏡装置

(57) 【要約】

【目的】 X線顕微鏡による狭い視野の確認を容易に行うことが可能で、X線顕微鏡の光学調整を簡単に行うことを可能とする。

【構成】 X線源と、該X線源からのX線を被検物体上に集光するための多層膜凹面反射鏡と、該被検物体からのX線を集光して被検物体像を形成するためのゾーンプレート対物と、該被検物体の像を検出する二次元X線撮像素子とを有するX線顕微鏡において、前記ゾーンプレート対物の光路を形成するために光軸に沿った貫通開口を有する光学顕微鏡対物レンズを該ゾーンプレートと同軸に設け、前記多層膜凹面反射鏡の少なくとも周辺部に該光学顕微鏡用の照明光を反射する反射領域を設け、該凹面反射鏡をX線顕微鏡と光学顕微鏡とに共用した。



FP03-0052-00WD-HP  
03.7.-8  
SEARCH REPORT

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 X線源と、該X線源からのX線を被検物体上に集光するための多層膜凹面反射鏡と、該被検物体からのX線を集光して被検物体像を形成するためのゾーンプレート対物と、該被検物体の像を検出する二次元X線撮像素子とを有するX線顕微鏡において、前記ゾーンプレート対物の光路を形成するために光軸に沿った貫通開口を有する光学顕微鏡対物レンズを該ゾーンプレートと同軸に設け、前記多層膜凹面反射鏡の少なくとも周辺部に該光学顕微鏡用の照明光を反射する反射領域を設け、該凹面反射鏡をX線顕微鏡と光学顕微鏡とに共用したことを特徴とする結像型軟X線顕微鏡装置。

【請求項2】 前記ゾーンプレートは前記光学顕微鏡対物レンズの被検物体側に突出した鏡筒内に取りつけられていることを特徴とする請求項1記載の結像型軟X線顕微鏡装置。

【請求項3】 前記X線源は、レーザ光源と該レーザ光源からの光をX線ターゲットに導くレーザ照射光学系とを有し、前記光学顕微鏡の照明光は、該レーザ照射光学系中に配置された光分割器を介して供給されることを特徴とする請求項1乃至2記載の結像型軟X線顕微鏡装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、主として生体観察のための高分解能の結像型軟X線顕微鏡装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から提案されているX線顕微鏡は、次の4種類に大別される。

①まず、光学系を持たないものとして、X線源から発生するX線の発散光束中の点X線源の近くに被検物体を配置し、その後方の離れた位置にX線フィルム又は二次元X線検出器を配置した投影拡大型。

【0003】 ②同じく光学系を持たないものとして、X線源としてほぼ平行なX線光束を供給するものを用いて、被検物体とレジストを密着して配置する密着型。この場合のX線源としては、シンクロトロン放射（以下、単にSRという。）、プラズマX線源や電子線励起X線源が用いられる。

③光学系によりX線ビームを微小スポットに絞り、ビームと被検物体とを相対的に走査する走査型。この場合には、X線源としてはSRを用い、X線ビームを微小スポットに絞るための光学素子としては、フレネルゾーンプレート（以下、単にFZPという。）が用いられる。

【0004】 ④SR、プラズマX線源や電子線励起X線源からなるX線源と、FZP等の光学素子を用いて被検物体上にX線を集光し、同様の光学素子によって被検物体の像をフィルムや蛍光板又は二次元X線検出器上に形成する結像型。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記のごとき従来のX

2

線顕微鏡は、以下のように最適化が不十分でX線照射量も多く、生きた生体の高分解能観察は困難であった。すなわち、①投影拡大型では、高輝度点X線源が必要とされるところ、一般には強度が不足するため長時間露光が必要となり、このため動態観察が困難である。また、フレネル回折の影響による分解能の低下を避けるため、被検物体を薄切することが必要となっており、生きたままでの観察は困難であった。

【0006】 ②密着型では、レジスト以外には高分解能検出器がないため、レジストの現像処理が必要で、実時間観察が困難である。また、倍率が1であるため別途電子顕微鏡などで拡大観察する必要がある。さらに、この場合にもフレネル回折の影響による分解能の低下を避けるため、投影拡大型と同様に被検物体の薄切という破壊観察が必要となっている。

【0007】 ③走査型では、指向性の良いX線源が必要とされ、このためにはSRのような大がかりなX線源を用いなければならず装置が極めて大型になるという欠点があった。しかも、所望の画像を得るための走査時間すなわち露光時間が長くなるため、動態観察が困難である。④結像型においては、FZPを使用する場合には効率率が低いため高強度のX線源としてSRのような大がかりなX線源が必要である。また、鏡を使用した結像型では分解能の向上が難しく、光学系も大きくなるという欠点があり、未だ最適化が不十分であった。

【0008】 上記の如き問題点を解決するために、本願出願人は先に、結像型軟X線顕微鏡として、X線源からのX線を単一の凹面非球面多層膜鏡コンデンサーによって被検物体上に集光し、結像光学系としての位相ゾーンプレートPZPを用いて、二次元X線撮像素子上に被検物体像を拡大形成するという構成を、特願平1-206563号として提案した。そして、X線源としてパルスレーザをターゲットに集光してX線を発生するパルスレーザ励起プラズマX線源とすることが有効であることを述べ、可視域の光学顕微鏡との組合せについても提案した。

【0009】 しかしながら、可視域の光学顕微鏡との単純な組合せによっては、X線顕微鏡による狭い視野の確認を簡単に行うことが難しく、また両者の顕微鏡光学系を組合せる場合の光学調整も難しいという問題があった。本発明の目的は、X線顕微鏡による狭い視野の確認を容易に行うことが可能で、X線顕微鏡の光学調整を簡単に行うことのできる小型な結像型X線顕微鏡装置を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明によるX線顕微鏡装置は、前述した先の特願平1-206563号に開示した如き結像型のX線顕微鏡を基本とし、X線顕微鏡の観察視野を確認するための光学顕微鏡の照明光学系及び対物光学系を共に同軸構成としたものである。すなわ

ち、X線照明系の集光手段としての凹面非球面多層膜鏡コンデンサーの周囲に光学顕微鏡の照明光を反射するための反射領域を設けることによって、X線用の凹面非球面鏡を光学顕微鏡の集光コンデンサーとして兼用するとともに、光学顕微鏡の対物レンズの光軸上の貫通開口内にX線対物としてのゾーンプレートによる結像光路を形成したものである。

#### 【0011】

【作用】上記のごとき本発明の構成によれば、照明系中の凹面非球面反射鏡の中央部分にてX線を反射集光し、中央部分と周辺部とにおいて光学顕微鏡の照明光を反射することができるため、凹面非球面反射鏡をX線顕微鏡の照明系と光学顕微鏡の照明系とに共用することができ、X線顕微鏡の照明開口数(NA)に比較して大きな開口数を必要とする光学顕微鏡用の照明光を効率良く供給することが可能である。従って、簡単な構成であるとともに、X線顕微鏡の光軸調整を光学顕微鏡によって簡単かつ正確に行うことが可能となる。

#### 【0012】

【実施例】以下に本発明を図示した実施例に基づいて説明する。第1図は、本発明による結像型軟X線顕微鏡装置の概略構成を示す図である。パルスレーザー1によるレーザを集光レンズ3によって、真空保持用窓4を介してディスク又はテープ状の薄膜ターゲット5に集光し、必要な強度及び波長のX線を発生させる。パルスレーザー1の発光の制御はパルス制御部2によって、所望のパルス間隔(0.01~数Hz)でなされる。X線薄膜ターゲット5からのX線は回転楕円体多層膜反射鏡9によって被検物体容器12内の被検物体13に集光される。そして、結像光学系としてのゾーンプレート(ZP)14を用いて、二次元X線撮像素子15上に被検物体像を拡大形成する。二次元X線撮像素子15としては、例えば、背面照射型のFT-CCDのような固体撮像素子が有効である。

【0013】このような構成では、図示のとおり、パルスレーザーによるX線薄膜ターゲット5が回転楕円体多層膜反射鏡9の第一焦点に配置され、被検物体13がその第二焦点上に配置される。そして、多層膜反射鏡9によってX線の単色化を行い、パルスレーザーにより励起発光される1パルスのX線を照射し、二次元X線撮像素子15によって光子計数撮像を行う。

【0014】ここで、被検物体13を水平に保って観察するために、照射及び観察X線は鉛直方向に配置し、X線励起用のレーザは水平配置とした。具体的には、ターゲット5と励起用のレーザビームとの角度を約35°とし、X線の回転楕円体多層膜反射鏡9への入射角を65°程度としている。そして、X線薄膜ターゲット5の交換及び飛散物等の廃棄除去手段6、絞り7により、所定の方向にX線が照射するように構成している。コンデン

サーとしての回転楕円体多層膜反射鏡9の背面には、X

線の吸収による温度上昇、劣化を防止するための水冷の冷却装置10が設けられている。

【0015】被検物体容器12の直前には、視野絞り11が設けられており、この開口径は観察倍率に応じて適切な大きさに交換されるが、同一倍率においてもフレア防止やコントラスト向上のために適宜の口径のものが交換して使用される。二次元X線撮像素子15から出力される画像情報は、画像処理部16で処理され、ディスプレイやプリンタ等の画像出力部17に出力される。

【0016】以上の各構成要素に対して、コンデンサーとしての回転楕円体多層膜凹面反射鏡9から二次元X線撮像素子15の受光面までは真空中に保持するために、真空容器18内に収納されている。真空容器18内の圧力は、X線の吸収を無視できる、 $10^{-2}$  Pa程度に保たれている。また、X線薄膜ターゲット5の周囲には、飛散物等が生じるために除去手段6等が必要となっているので、別の真空容器19によってX線源部を隔離することが必要となっている。

【0017】光学顕微鏡用の照明光源22からの可視光は、集光レンズ21及び光分割器としてのダイクロイックミラー20を介してX線ターゲット5上に集光される。集光点はパルスレーザー1からのレーザ光の集光点に一致させる。ターゲット5での反射光は、ターゲット5からのX線と同様に回転楕円体多層膜凹面反射鏡9によって被検物体13上に集光される。回転楕円体多層膜凹面反射鏡9は図2の断面図及び図3の平面図に示す如く、その周辺部には可視光専用の反射領域9aと中央部のX線反射用多層膜反射領域9bが形成されている。可視光反射領域9aはアルミニウム蒸着でも良い。また、X線反射用の多層膜は可視光をかなり反射することができるので、反射鏡9の全面をX線多層膜鏡とし、その中央部をX線の反射領域として用い、全面を可視光の反射領域とすることも可能である。このように、凹面反射鏡9の中央部においてX線を反射し、その中央部と周辺部とにおいて可視光を反射する構成とすることによって、X線対物としてのゾーンプレートの14の比較的小さいNA(開口数)の照明に対して、対物レンズ23に必要な大きなNAの照明を同軸状態を維持しつつ十分に確保することができる。

【0018】X線対物としてのゾーンプレート14と光学顕微鏡の対物レンズ23とは同軸に構成され、ゾーンプレート14によるX線顕微鏡の光路は光学顕微鏡の対物レンズ23の光軸に沿った貫通開口内に形成されている。ゾーンプレート14と光学顕微鏡対物レンズ23との構成の詳細を図4及び図5に示した。光学顕微鏡用の対物レンズ23の鏡筒は被検物体側の突出部104を有しており、その中に、図5の平面図に示す如き十字状の支持部材107によってゾーンプレート14が支持されている。図4に示す如く、光学顕微鏡用対物レンズ23の光軸に沿う貫通開口内にゾーンプレート14によるX

5

線の結像光路が形成される。ここで、図5に示す如く、光学顕微鏡の光路は支持部材107により若干遮られるが、開口部108により十分な観察光を得ることができる。また、ゾーンプレート14により被検物体の像をX線二次元X線撮像素子15上に拡大結像するために、厳密にはゾーンプレート14からの光束102は極僅かではあるが収斂光束とすることが必要であり、ゾーンプレート14の光学的焦点位置は対物レンズ23の光学的焦点位置よりもやや射出光側に位置している。このため、図4に示す如く、対物レンズ23からの光束101はほぼ平行光束となる。このようにして、ゾーンプレート14による像に対する物点と対物レンズ23による像に対する物点とが一致するようにゾーンプレート14と対物レンズ23とが一体的に構成されているため、対物レンズ23の軸上移動によって被検物体へのピント合わせを行えば、自動的にゾーンプレート14によるX線顕微鏡の焦点合わせが完了する。一般にはゾーンプレート14の開口数が非常に小さいため、X線顕微鏡としてのピント合わせが難しのであるが、光学顕微鏡の対物レンズ23との一体的構成により、容易に焦点調節が可能となる。

【0019】図1に示す如く、光学顕微鏡対物レンズ23からの平行光束は、斜設孔開き反射鏡24によって反射され、窓ガラス25を通して真空容器18外に導かれ、結像レンズ26、光路屈曲ミラー27を介して空間像28が形成される。この空間像28を接眼レンズ29を通して所定の倍率で観察することができる。尚、上記の実施例では、斜設孔開き反射鏡24によってX線による像と可視光像とを分離することとしたが、X線二次元

6

X線撮像素子15としてX線のみならず可視光に対しても感度のある特性の検出器、例えばCCDを用いることとすれば、観察系についてX線顕微鏡と光学顕微鏡とを完全に同軸構成とすることが可能となる。また、回転精円体多層膜凹面反射鏡9においては、X線ゾーンプレート14の光軸上にXが入射して撮像素子15でのノイズを生ずることがないように、中心位置（光軸上位置）に微小な吸収体、例えばアルミニウムの微小体を設けることが望ましい。

【0020】

【発明の効果】以上の如き本発明によれば、X線顕微鏡と光学顕微鏡の照明光学系及び対物光学系が同軸であるため、X線顕微鏡による狭い視野の確認を容易に行うことが可能であり、X線源としてパルスX線源を使用した場合にも、X線顕微鏡の光学調整が容易である。そして、X線顕微鏡の焦点と光学顕微鏡の焦点とを一致させておくこととすれば、X線顕微鏡にて観察したい部位を光学顕微鏡で観察することによって、自動的にX線顕微鏡の焦点合わせを達成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施例の概略構成図。

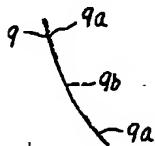
【図2】本発明における凹面反射鏡の構成を示す断面図。

【図3】本発明における凹面反射鏡の構成を示す平面図。

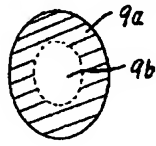
【図4】本発明における対物光学系の構成を示す断面図。

【図5】本発明における対物光学系の構成を示す平面図。

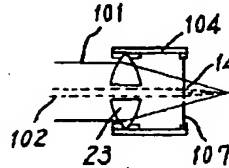
【図2】



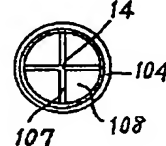
【図3】



【図4】



【図5】



【図1】

